Dr.habil. Ralf E. Krupp
Flachsfeld 5
31303 Burgdorf

Telefon: 05136 / 7846 — e-mail: ralf.krupp@cretaceous.de

An die
Flussgebietsgemeinschaft Weser (FGG Weser)
Geschäftsstelle
An der Scharlake 39
D-31135 Hildesheim

30.07.2019

Offener Brief:
Versalzung der Werra und Weser, riskante Einstapelung von Kaliabwässern in ehemaligen Kalibergwerken

Eine öffentliche Weiterverbreitung dieses Briefs ist ausdrücklich erlaubt und erwünscht.

Sehr geehrte Damen und Herren,

der Pressemitteilung der FGG Weser vom 14.06.2019 (*„Bei Verbesserung der Wasserqualität in Weser und Werra auf richtigem Weg"*) entnehme ich, dass Sie maßgeblich auf das Einstapeln von Kaliabwässern unter Tage sowie auf die Abdeckung von Kali-Rückstandshalden setzen um die Ziele der Wasserrahmenrichtlinie für das Flussgebiet der Weser zu erreichen.

Mit der Versalzungsproblematik und den Folgeschäden des Kalibergbaus habe ich mich seit etlichen Jahren intensiv beschäftigt und habe vielfach auch als Sachverständiger gutachtlich dazu Stellung genommen. Weder das Einstapeln von Kaliabwässern unter Tage, noch die Abdeckung von Kali-Rückstandshalden halte ich für geeignet, die Kaliabwasser-Problematik nachhaltig zu lösen. Im Gegenteil halte ich diese Maßnahmen für schädlich und die Laugeneinstapelung sogar für höchst gefährlich und will dies weiter unten anhand von Hintergrund-Informationen näher erläutern und begründen.

Meines Erachtens gibt es bessere Lösungsansätze die ich am Ende meines Offenen Briefs skizzieren werde.

Mit freundlichen Grüßen,

Dr. Ralf Krupp

Einstapelung von Kaliabwässern in ehemaligen Kalibergwerken

Die sogenannte Einstapelung von hochkonzentrierten (gesättigten) Salzlösungen ist im Wesentlichen das Gleiche wie eine vorweg genommene (Teil-)Flutung (ohne Abschluss-Betriebsplan), wobei der Unterschied auch in der Motivlage zu sehen ist. Bei der Einstapelung steht der Entsorgungsaspekt für die Kaliabwässer, bei der Flutung der vermeintliche gebirgsmechanische Stabilisierungseffekt des Bergwerks im Fokus. Konkret stehen derzeit Planungen zur Einstapelung in den thüringischen Bergwerken, insbesondere Springen zur Debatte, weshalb ich mich hier auf das Werra-Fulda-Gebiet beschränke.

Räumliche Gegebenheiten

Abbildung 1 zeigt eine synoptische Kartendarstellung des Werra Kaligebietes. Insbesondere sind dargestellt: der Salzhang (inkl. der Innensenke von Oberzella), die Kaliabbaue der 1. und 2. Sohle (Flöze Hessen und Thüringen), die Lage der Untertagedeponie Herfa-Neurode, darüber die „Herfatal-Anomalie“ (eingewanderte Versenk-Laugen im Buntsandstein), die Gebirgsschlagfelder (Heringen, Merkers, Sünna, Völkershausen), bekannte Erdfälle, bekannte Lösungszutritte ins Bergwerk, Kalischächte, Versenkbohrungen, sowie die vorgesehenen Flutungsbereiche (dicke gelbe und gelbgrüne Umrandungen).

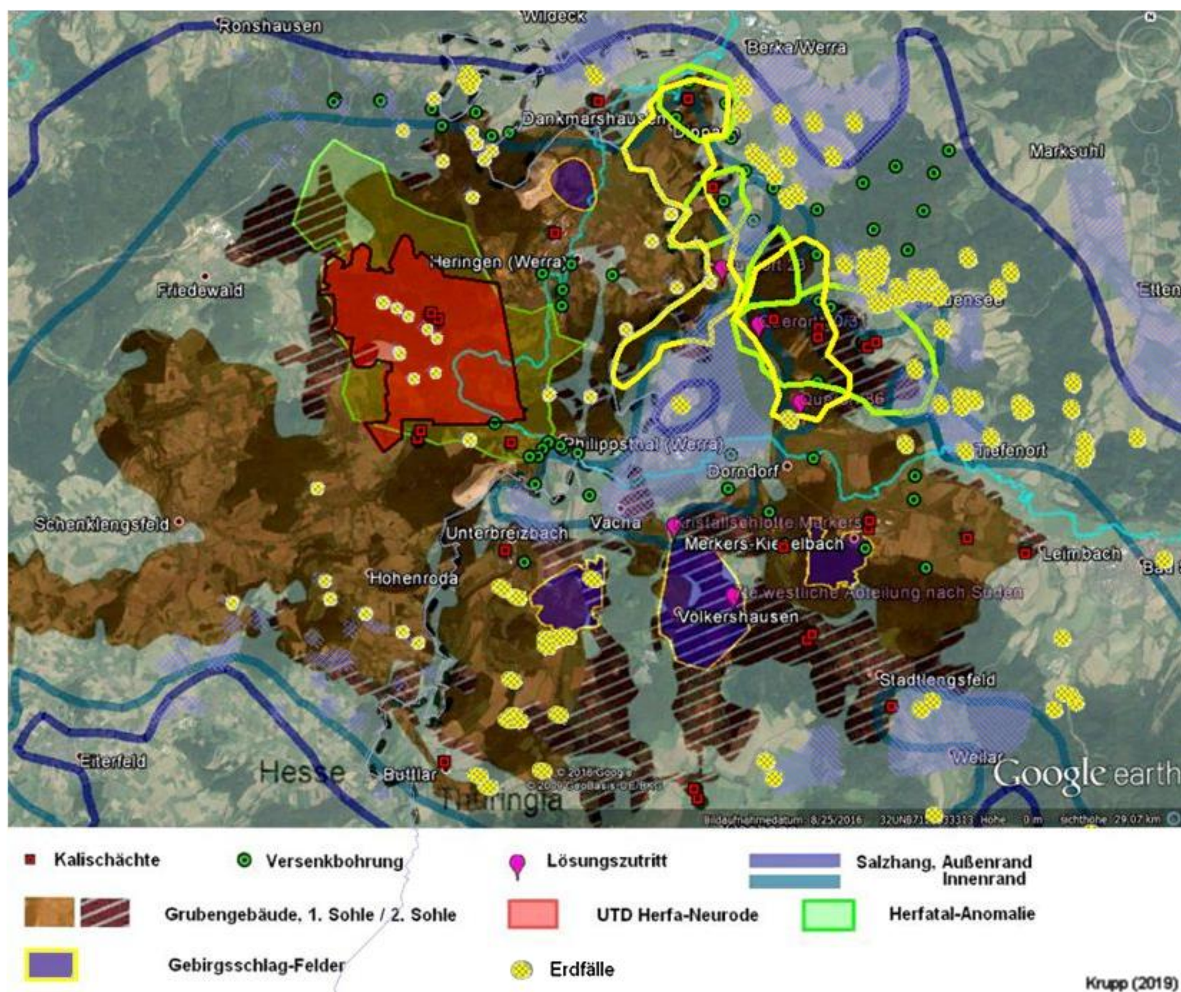


Abbildung 1 - Synoptische Kartendarstellung des Werra Kaligebietes

Die Werra Kalilagerstätte zählt zwar zu den Kalivorkommen der „flachen Lagerung“, liegt jedoch nicht vollkommen horizontal, sondern taucht langsam nach Westen bis Südwesten ab. Dies gilt dann auch für die den Kaliflözen folgenden Grubenbaue, die für Flüssigkeiten somit potentielle Fließwege mit einem abschüssigen Gefälle in gleicher Richtung darstellen. Daraus resultiert nach Einstapelung/Flutung auch ein hydraulischer Gradient von den hochgelegenen östlichen Bergwerksfeldern Springen-Merkers zu den tiefer liegenden westlich bis südwestlich gelegenen Bergwerksfeldern der Untertagedeponie Herfa-Neurode und den „Untertage-Verwertungen“ Unterbreizbach, Hattorf und Wintershall.

Infolge der Gewinnung der beiden Kalilager „Hessen“ und „Thüringen“ bestehen außerdem zwei Abbausohlen mit diversen vertikalen Verbindungen.

Eine Einstapelung von Laugen oder eine Flutung höher gelegener Abbaufelder würde somit entweder auch eine nasse Verwahrung aller tiefer gelegenen Grubenbaue (einschließlich UTD) erfordern, oder eine lückenlose, druckfeste und lösungssichere hydraulische Abdichtung durch dazwischen liegende unverritzte Sicherheitspfeiler und Verschlussbauwerke. Durch den Sicherheitspfeiler entlang der Markscheide längs der früheren Staatsgrenze zwischen DDR und BRD scheint eine weitgehende Trennung der hessischen und thüringischen Grubenfelder prinzipiell gegeben. Die hydraulische Wirksamkeit dieser Barriere würde jedoch mittel- bis langfristig bei Kontakt und durch Reaktionen mit Lösungen beeinträchtigt. Die einwirkenden hydrostatischen Drücke ergeben sich aus der Lösungsdichte und der wirksamen Höhendifferenz (ungefähre Teufen: Springen 350 m; Heringen 510 m; Herfa 710 m; Hattorf 800 m) und können bis zu 50 bar betragen.

Salzgesteine

Bei den Kaliflözen unterscheidet man folgende Rohsalz-Typen oder „Paragenesen“ (Mineralgemische, Phasengemische):

Tabelle 1 - Mineralische Zusammensetzung einiger Kalirohsalze	
Salztyp	*Mineralphasen*
Sylvinit	Sylvin + Halit
Carnallitit	Carnallit + Sylvin + Halit
Kieseritisches Hartsalz	Kieserit + Sylvin + Halit ± Carnallit

Für die hier relevanten Fragestellungen und Bergwerksfelder ist insbesondere die Hartsalz-Paragenese von Interesse.

Abbildung 2 zeigt die typischen mineralischen Zusammensetzungen der Kali-Rohsalze, die sich auch in den Kaliflözen entsprechend wiederfinden. Für die Paragenesen in den ehemaligen thüringischen Bergwerken liegen zwar keine detaillierten Angaben vor, jedoch werden sich die Flöze in ihrer Ausbildung und mineralischen Zusammensetzung nicht wesentlich von den in den angrenzenden Bergwerksfeldern Wintershall und Hattorf aufgeschlossenen Kalisalzen unterscheiden.

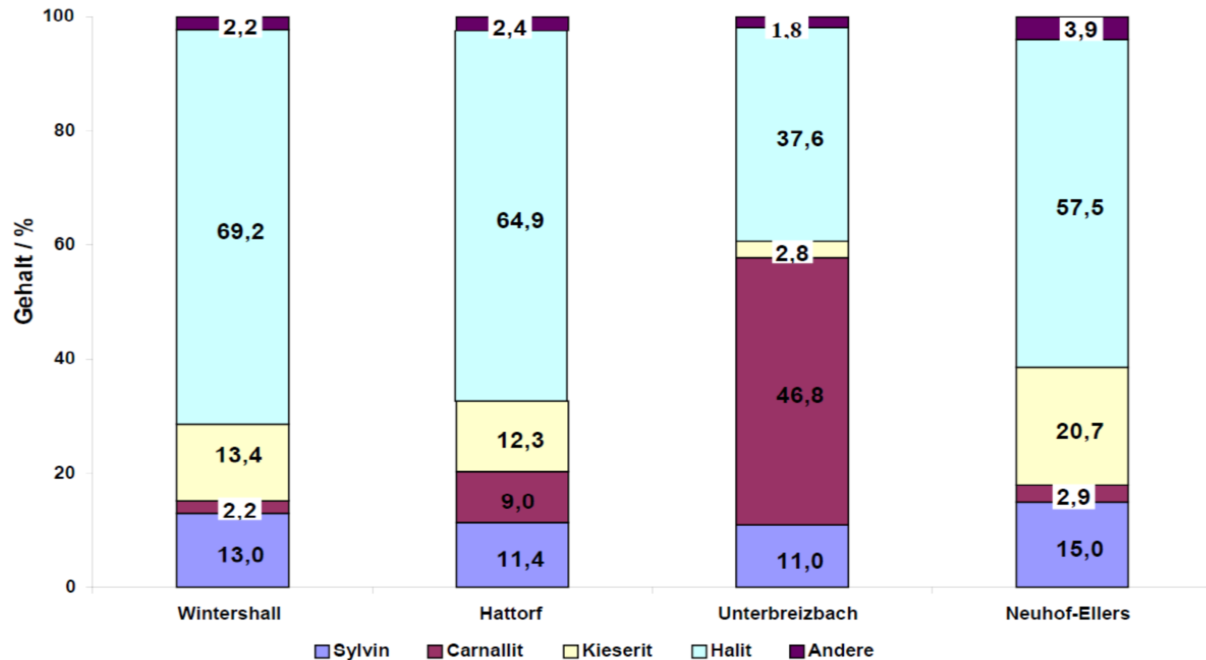


Abbildung 2 – Rohsalz-Zusammensetzungen im Werra-Fulda-Kaligebiet (K+S 2009)

Das untere Lager (Flöz Thüringen, bzw. zweite Abbausohle) weist, mit regionalen Unterschieden, meistens Mächtigkeiten von 3 bis 5 Meter auf. Es besteht typischerweise im unteren Teil aus Hartsalz, welches von Carnallitit überlagert wird. Besonders im Südost-Teil der Lagerstätte finden sich aber auch sogenannte Carnallitit-Kuppen, also lokale Anschwellungen und Aufstauchungen der Kaliflöze mit wesentlich größeren Mächtigkeiten (bis zu 90 m; Beer, 1996). Sylvinite (in Begleitung von Carnallitit) sind meist im Randbereich der Lagerstätte anzutreffen (Krupp, 2011).

Das obere Lager (Flöz Hessen, bzw. erste Abbausohle) weist Mächtigkeiten von 2 bis 3 Meter auf. Es besteht überwiegend aus kieseritischem Hartsalz. Zusammen mit dem Flöz Hessen kommen sogenannte „Begleitflöze“ aus Sylviniten vor, die teilweise bauwürdig sind und ebenfalls gewonnen werden.

Mineral-Lösungs-Reaktionen

Für die nachfolgend erörterten chemischen Gleichgewichte ist es zunächst nicht erheblich, wie hoch die prozentualen Anteile der einzelnen Mineralphasen im Rohsalz sind, solange sie mit den Kaliabwässern in Kontakt stehen und „lösungsverfügbar“ sind. Bei den Umlöse-Prozessen, die stattfinden werden, kann es theoretisch dazu kommen, dass beispielsweise die Kieserit-Körner durch Kainit verkrusten und damit (temporär) nicht mehr lösungsverfügbar sind. Dann könnten die chemischen Reaktionen theoretisch zum Stillstand kommen. Einer solchen stabilen Verkrustung wirken aber andere Mechanismen entgegen, insbesondere die durch Kriechverformungen in den Pfeilern ausgelösten Kontur-Abschalungen oder dilatante Rissbildungen.

Abbildung 3 zeigt den magnesiumreichen Teil des Phasendiagramms der ozeanischen Salze (Jänecke-Darstellung) bei 25°C.

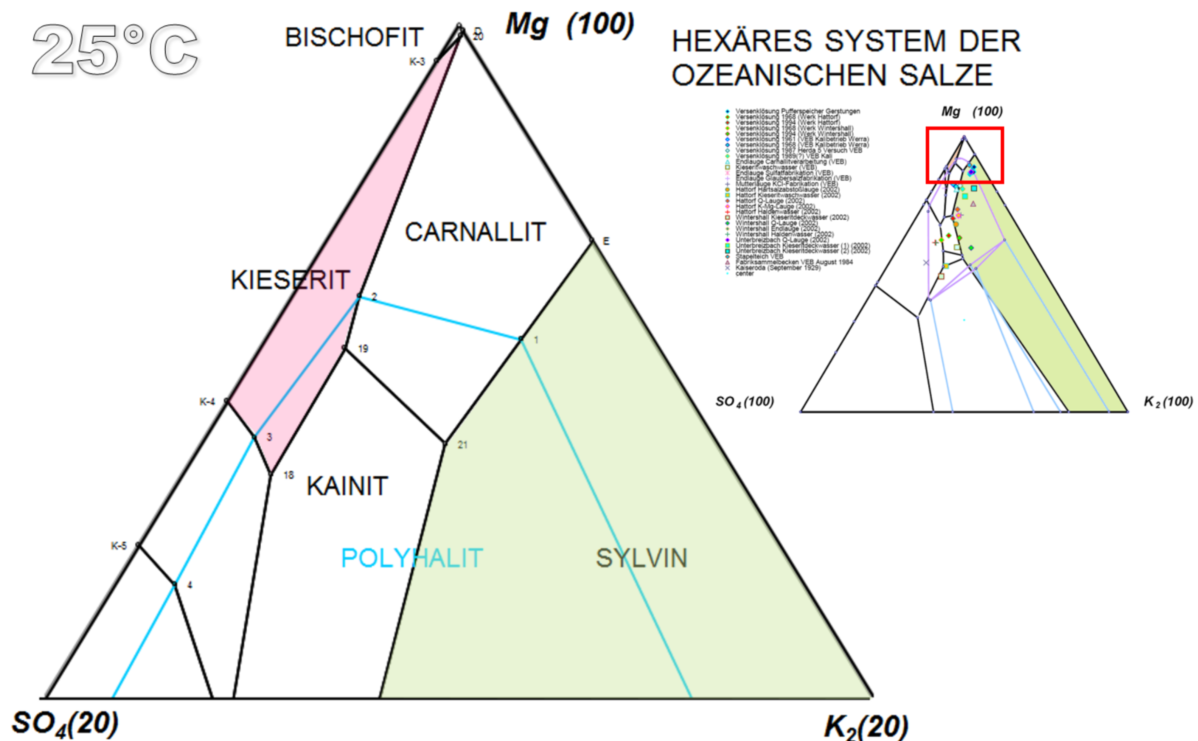
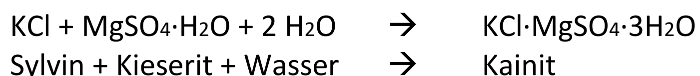


Abbildung 3 – Hexäres System der Ozeanischen Salze. (Die Punkte „Q“ und „R“ des quinären Systems entsprechen den invarianten Punkte 21 und 19 des hier abgebildeten hexären Systems.)

Es ist ersichtlich, dass Sylvin und Kieserit bei 25°C keine gemeinsame Phasengrenze haben. Sie können nicht thermodynamisch stabil koexistieren.

Die heute vorliegende, metastabile mineralische Zusammensetzung der Kalisalzflöze ist durch „Metamorphose“ über geologische Zeiträume bei erhöhten Temperaturen entstanden. Insbesondere die typische und im Werra-Kalirevier weit verbreitete Hartsalz-Paragenese *Halit + Kieserit + Sylvin ± Carnallit* befindet sich bei den heute herrschenden Temperaturen in einem chemischen Ungleichgewicht und beginnt unter Bildung von Kainit zu reagieren, sobald eine wässrige Lösung als Reaktions-Medium und -Partner hinzukommt.



$KCl + MgSO_4 \cdot H_2O + 2\ H_2O \rightarrow KCl \cdot MgSO_4 \cdot 3H_2O$

Sylvin + Kieserit + Wasser → Kainit

Die Reaktion wird so lange ablaufen, bis

- alles Wasser der Lauge, oder
- der verfügbare (mit Lösung in Kontakt stehende) Kieserit (→ Q-Lösung), oder
- der verfügbare Sylvin (→ R-Lösung)

aufgebraucht ist.

Eine wie auch immer geartete „Konditionierung“ der Lösungen kann an diesen Grundprinzipien nichts ändern, weil die Ursache im Ungleichgewicht der Mineralparagenese des Hartsalzes liegt.

Die o.g. Umlösungs-Reaktion ist auch mit Änderungen des Feststoffvolumens und mit Gefügeveränderungen verbunden, welche die Druckfestigkeit des Salzgesteins und damit die Tragfähigkeit der Stützpfeiler herabsetzen. Bei Anteilen von Kieserit und Sylvin von jeweils über 10 % (Vgl. Abbildung 2) wird die Resttragfähigkeit mit Fortschreiten der Reaktionen gegen null gehen.

Auch Kieserit allein ist in Gegenwart von Wasser (wässrigen Lösungen) nur oberhalb 70°C stabil. Bei geringeren Temperaturen findet unter Volumenzunahme eine Hydratation statt, mit Hydratationsdrücken im Bereich 6,8 –9,7 MPa
(https://www.salzwiki.de/index.php/Epsomit).
Hierdurch kommt es zur sog. „Salzsprengung“, die aus der Bauschadenskunde bekannt ist.

Nachdem bereits temporäre Einstapelungen von Laugen im Bergwerk Springen stattgefunden haben, sollten Erfahrungen über die ablaufenden Umlösungsvorgänge, Gefügeveränderungen und Entfestigungen vorliegen. Eine Inspektion dieser Bereiche, ergänzt durch Kernbohrungen in die betroffenen Hartsalz-Pfeiler, Bohrlochsondierungen und Untersuchungen des gewonnenen Kernmaterials wären sinnvoll und sollten die beschriebenen Prozesse bestätigen.

Risiken durch eingestapelte wässrige Lösungen (Kaliabwässer)

Die Untersuchung der Risiken muss alle relevanten Aspekte und deren Zusammenwirken betrachten, insbesondere die Effekte der Umlösungsreaktionen auf die gebirgsmechanische Standsicherheit, und sie muss die sich daraus ableitbaren Versagens-Szenarien bewerten.

Abbildung 4 ist (ähnlich wie Abbildung 1) eine weitere Kartendarstellung des Werra-Kaligebietes, wobei einige Markscheiden (violett) mit angrenzenden Sicherheitspfeilern (pink) im Fokus stehen. Soweit dies aus hier vorliegenden Grubenplänen erkennbar ist, scheint entlang der hessisch-thüringischen Grenze im Regelfall beidseitig ein Pfeiler von 100 m Breite nicht verritzt worden zu sein. Davon abweichend scheint aber an vielen Stellen eine größere Annäherung der Abbaue vorzuliegen, und es wurde zumindest im Fall des Rolllochs zwischen den Feldern Unterbreizbach und Hattorf/Wintershall eine Durchörterung des Sicherheitspfeilers vorgenommen. Außerdem plant K+S offenbar eine Durchleitung vom Grubenfeld Wintershall untertage in die Einstapelungsbereiche in Springen, die eine weitere Verletzung des Sicherheitspfeilers bedeuten würde.

Die vorgesehenen Einstapelungsbereiche grenzen im Westen auf mehr als 12 Kilometer Länge unmittelbar an den Sicherheitspfeiler an und würden dort zu einem Lösungsangriff und einer fortschreitenden Strukturzerstörung und Entfestigung im Hartsalz führen. Ob dieser Sicherheitspfeiler auf der gesamten Länge frei von hydraulisch leitenden Rissen ist, ist nicht bekannt. Die langzeitsichere Dichtheit dieses Sicherheitspfeilers unter der kombinierten Einwirkung von hydraulischen, gebirgsmechanischen und chemisch/mineralogischen

Faktoren wäre aber in jedem Fall vor einer Laugeneinstapelung <u>auf der gesamten Länge</u> nachzuweisen.

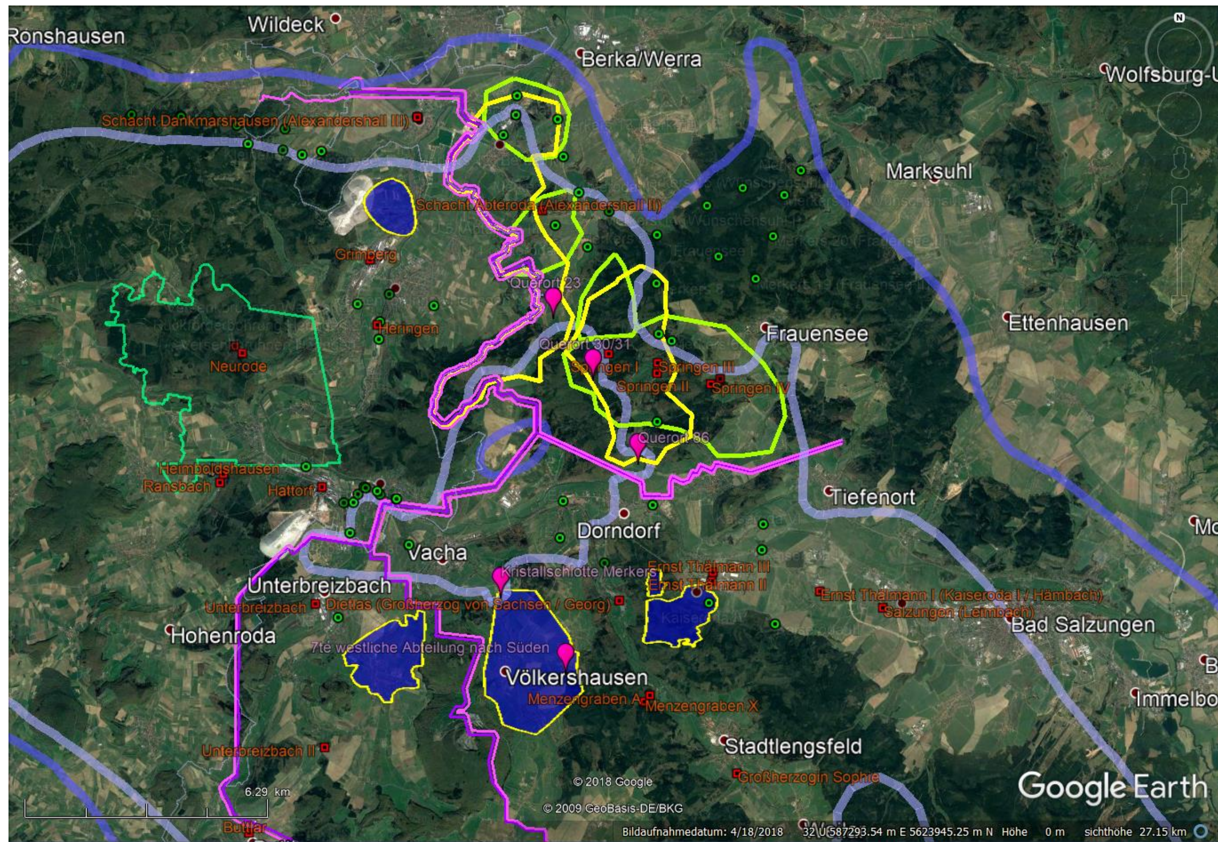


Abbildung 4 - Synoptische Kartendarstellung des Werra Kaligebietes (Vgl. Abbildung 1). Zusätzlich sind relevante Markscheiden (violett) mit den beidseitigen Sicherheitspfeilern (pink) angegeben.

Andererseits ist aus gebirgsmechanischer Sicht der abrupte Übergang zwischen den nachgiebigen Kammer/Pfeiler- bzw. Langpfeiler-Tragsystemen und den steifen Sicherheitspfeilern kritisch zu bewerten, weil dort lokale Spannungskonzentrationen auftreten, sowohl im Deckgebirge als auch in der Schwebe zwischen den beiden Abbausohlen. Diese bereits vorhandenen Spannungskonzentrationen können durch Entfestigung und Schwächung der an die Sicherheitspfeiler angrenzenden Abbaupfeiler deutlich erhöht werden. Hinzu kommt der bekannte Effekt des Feuchtekriechens bei durchfeuchteten Tragelementen, der zu einer Beschleunigung der Kriechraten und an anderen (trockenen) Stellen zu einer weiteren Erhöhung der umgelagerten Spannungen führt.

Da im Gewinnungsbergbau die Dimensionierung der Stützpfeiler mit Blick auf eine Minimierung der Abbauverluste erfolgt ist und von einer begrenzten Standzeit, für die Dauer der Gewinnungsphase ausgegangen wurde, bedeutet jede Schwächung der Tragfähigkeit und Zunahme der Pfeilerspannungen eine Erosion der knapp bemessenen Sicherheitsreserven und eine erhöhte Bruchgefahr. Die fünf bereits erfolgten, großflächigen Gebirgsschläge, die bereits unter trockenen Verhältnissen eingetreten sind, sollten hier zu äußerster Vorsicht ermahnen.

Gebirgsschläge:

1953 in Heringen (Magnitude ML = 5),
1958 in Merkers (ML = 4,8),
1961 in Merkers (ML = 3,7),
1975 in Sünna (ML = 5,2),
1989 in Völkershausen (ML= 5,6)

Bezüglich einer versatzlosen Flutung von Kaliabbauen mit Langkammern, wie sie gerade im Bereich Springen vorgesehen ist, muss auch bedacht werden, dass aufgrund der langen und schmalen Querschnittsform der Langpfeiler eine von außen nach innen voranschreitende Zersetzung der Pfeilersubstanz sehr viel früher zu einem Tragfähigkeitsverlust führt als bei einem quadratischen (oder ideal kreisförmigen) Querschnitt.

Aus den genannten Gründen ist daher nach einer Einstapelung von Laugen ein stark erhöhtes Risiko für Gebirgsschläge zu erwarten, welches mit zunehmender Entfestigung und Durchfeuchtung der Pfeiler zunimmt.

Die Breite des Sicherheitspfeilers entlang der Markscheide garantiert nicht, dass dieser im Fall eines Gebirgsschlags keinen Schaden nimmt. Beispielsweise ist durch die beiden 60 bis 70 m übereinander liegenden Abbausohlen ein diagonaler Bruch durch den Sicherheitspfeiler möglich, insbesondere, wenn der flächenhafte Gebirgsschlag auf der untern Sohle erfolgt.

Weiterhin ist zu bedenken, dass bei einem Systemversagen von Stützpfeilern die herabstürzende Firstschwebe zunächst auf die Lösungsfüllung trifft, wodurch über das Fluid ein dynamischer Druckstoß auf das einschließende Gebirge übertragen wird. Bei diesen Ereignissen ist in jedem Fall mit hydraulischen Rissbildungen zu rechnen. Dieser Druckstoß wird gefolgt von einer Phase in welcher der lithostatische Druck des Deckgebirges auf die Fluidfüllung einwirkt und diese aus dem Gebirgsschlagbereich auspresst, beispielsweise in benachbarte Grubenfelder.

Aus den geschilderten Zusammenhängen ergeben sich

- eine hydraulische und gebirgsmechanische Gefährdung der Sicherheitspfeiler entlang der Markscheiden und wahrscheinlich auch im Salzhang-Bereich.
- Eine Schwächung und Gefährdung der Tragsysteme, mit der möglichen oder sogar wahrscheinlichen Folge von Gebirgsschlägen.
- Eine Gefährdung der hydraulischen Isolation der UTD Herfa-Neurode und der UTV-Bereiche.
- Eine Gefährdung der Grundwasservorkommen über der Lagerstätte durch ausgepresste (und ggf. kontaminierte) Salzlösungen.
- Eine Gefährdung von bisher nicht genutzten Lagerstättenteilen.
- Eine Gefährdung der Oberfläche.
- Eine Gefährdung der Belegschaft.

Abdeckung von Kali-Rückstandshalden

Rückstandshalden der Kaliwerke verunstalten das Landschaftsbild, und die durch Niederschläge entstehenden Haldenlösungen versalzen das Grundwasser und die Oberflächengewässer. Jede Tonne Rückstandssalz kann bei Auflösung mindestens 1914 m³ Süßwasser versalzen (Chlorid über dem Grenzwert von 250 mg/L) und zur Trinkwassernutzung unbrauchbar machen. – Außerdem finden Staubabwehungen von den Kalihalden ins Umland statt.

Die von der Kaliindustrie geplanten und teilweise bereits genehmigten und in Umsetzung befindlichen Projekte zur Haldenabdeckung haben im Wesentlichen die Erwirtschaftung von Entsorgungs-Gewinnen durch (Schein-)Verwertung von angelieferten Abfallstoffen zum Ziel. Das Deponierecht wird mit Zutun der Politik durch Anwendung des Bergrechts umgangen, weil weder die nicht-inerten (wasserlöslichen) Kalihalden selbst, noch die Einbaubedingungen der „verwerteten" Abfallstoffe in Deponien ohne spezifizierte und vollständige Deponie-Basisabdichtungen abfallrechtlich genehmigt werden dürften.

Bis heute hat sich jedoch kein Abdeckungssystem als langzeitsicher und gebrauchstauglich erwiesen. Vielmehr treten die zu erwartenden Schäden (Abbildungen 5 ff.; weitere Beispiele sind bekannt) durch Subrosion, Erdfälle, Erosion, Abrutschungen, Verkarstungen, Sickerwasserbildung und Grundwasserversalzung sowie Staubabwehungen bereits während und kurz nach der Herstellungsphase auf und lassen erwarten, dass die Abdeckungssysteme über kurz oder lang wirkungslos werden.



Abbildung 5 – Ausblühungen von Kupfersalzen (blau) und Erosionsrinnen auf der REKAL-Abdeckung der Kalihalde Sigmundshall bei Wunstorf.



Abbildung 6 – Zahlreiche Erdfälle auf der in Abdeckung befindlichen Kalihalde Friedrichshall bei Sehnde. (Zusammengestellt aus Luftbilden ab 2010)

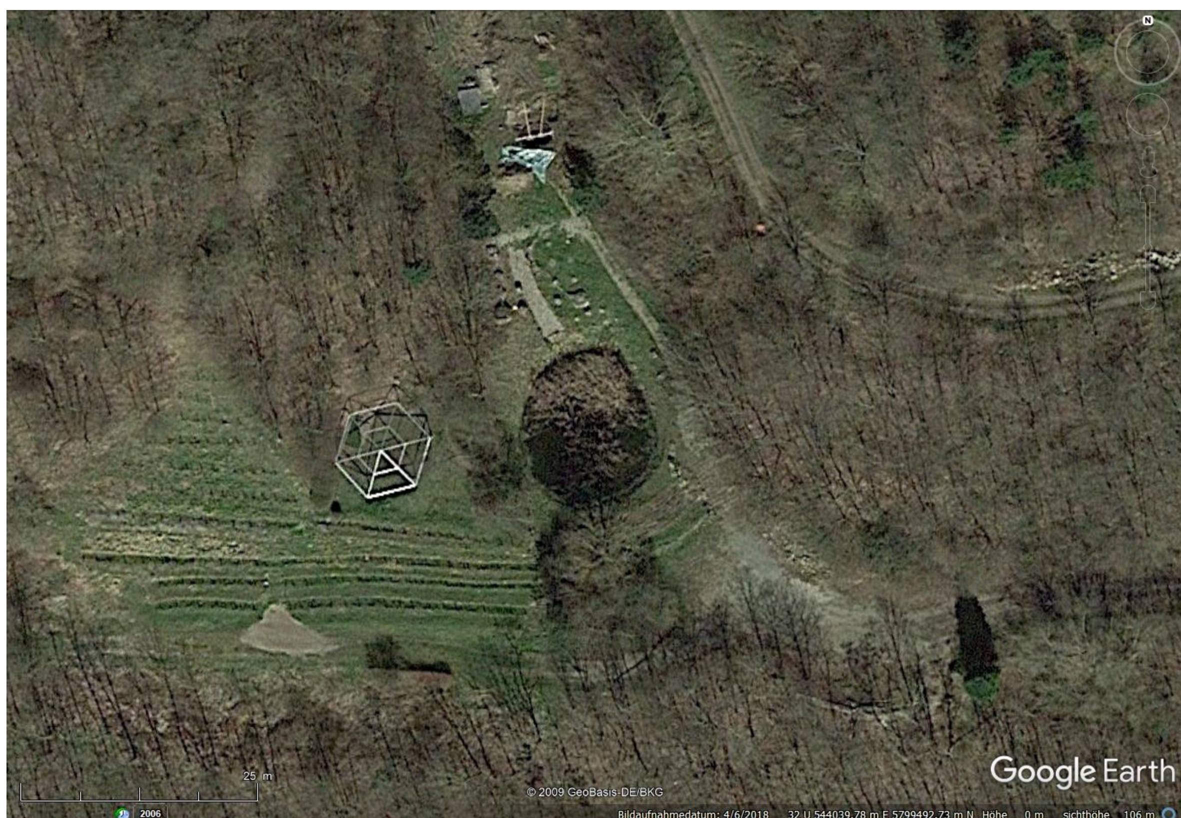


Abbildung 7 – Erdfall auf der abgedeckten Kalihalde Hansa bei Empelde

Durch Setzungen und Verformungen der Haldenkörper werden eingebaute Basis-Drainagesysteme irreparabel zerstört (horizontale Scherverformungen bis über 20 m sind für die Basis der neuen Halde HKE II in Zielitz prognostiziert worden). Eingebaute Drainageschichten aus Kies können durch eingeschwemmte Feinkornanteile aus den Abdeckmaterialien verstopfen.

Nicht abgedeckte Kalihalden werden pro Jahr um ca. 10 cm infolge von niederschlagsbedingten Auflösungsprozessen abgetragen, so dass solche Haldenkörper eine Standzeit von einigen tausend Jahren haben. Abdeckungssysteme, die nicht dauerhaft (über Jahrtausende) vollkommen regendicht sind, können daher die Auflösung der Kalihalden durch Niederschläge letztlich nur verzögern, aber um den Preis, dass die Versalzungsproblematik für die Gewässer über einen proportional längeren Zeitraum bestehen bleibt.

Rückbau und stoffliche Verwertung von Kalihalden sind Stand der Technik. (z.B. Unterbreizbach, Hope, Ronnenberg, Elsass, Katalonien, Saskatchewan). Durch Abdeckung der Kalihalden werden aus den grundsätzlich stofflich zu Salzprodukten verwertbaren Monodeponien Mischabfall-Deponien mit einem breiten Schadstoff-Spektrum. Eine spätere Verwertung der Rückstandssalze wird durch die aufgebrachten Verunreinigungen und die zusätzlichen Entsorgungskosten für dann wieder als Abfall zu entfernendes Abdeckmaterial unmöglich gemacht. Auf einige feststoffgebundene Schwermetalle (z.B. Cadmium, Blei, Zink, Kupfer, Quecksilber) wirken die Chlorid- und Sulfat-Ionen komplexbildend und begünstigen deren Mobilisation in die Gewässer. Dies kann insbesondere bei verbauten Abfallstoffen (zugelassen bis Einbauklasse Z2) zur Auslaugung und Freisetzung erheblicher Schadstoffmengen führen.

Die Abdeckung von Kalihalden kann für die Betreiber also während der Abdeckungsmaßnahme finanzielle Gewinne generieren und für die Abfallbehörden der Länder (unter Umgehung von Abfallrecht) billigere Entsorgungswege für Böden und Bauschutt sowie andere bergbaufremde Abfälle bereitstellen (*Manus manum lavat*?) . Ein nachhaltiger Nutzen für den Umweltschutz, insbesondere für den Gewässerschutz wird in der Abdeckung von Kalihalden nicht gesehen. Die Versalzungsproblematik wird nicht grundsätzlich gelöst, nur zeitlich gestreckt und in die Zukunft verlagert, die Salzmenge bleibt die gleiche, aber es kommen zusätzliche bergbaufremde Abfälle hinzu. Der vermeintliche Gewässerschutz hat lediglich eine Alibi-Funktion.

Versatz von Fabrikrückständen

Im Zusammenhang mit dem Rückstandsmanagement wird von der Kaliindustrie immer wieder der unbestimmte Begriff vom „Stand der Technik“ als Rechtfertigung für die vergleichsweise primitive Aufschüttung von Kalihalden angeführt, die ja weltweit im Kalibergbau üblich sei. (Das Liegenlassen oder Verscharren von Bergbauabfällen war bereits in prähistorischer Zeit „Stand der Technik“.) Zugleich wird argumentiert, dass dieser Stand der Technik im Zusammenhang mit standortbezogenen Besonderheiten zu sehen sei. Beispiele für weniger primitive, rückstandsfreie Kaliwerke, für den Rückbau von Kalihalden, oder für das Recycling von Kalihalden und die Verwertung von Fabrikrückständen werden als lokale Besonderheiten dargestellt und verworfen.

Aufgrund von EU-Richtlinien (insbesondere 2006/21/EG, 2010/75/EU) ist jedoch für Genehmigungen die „beste verfügbare Technik" maßgeblich, zu deren Bestimmung Kriterien in Anhang III der Industrieemissions-Richtlinie verbindlich festgelegt sind. Demnach besteht (u.a.) *„Die Notwendigkeit, die Gesamtwirkung der Emissionen und die Gefahren für die Umwelt so weit wie möglich zu vermeiden oder zu verringern"*. *„Zeitpunkte der Inbetriebnahme der neuen oder der bestehenden Anlagen"* sind ein Kriterium, welches insbesondere bei der Erschließung neuer Bergwerksfelder oder der Erweiterung von Kalihalden es eigentlich verbietet, sich auf einen archaischen, weltweit auch in technologisch weniger entwickelten Ländern praktizierten „Stand der Technik" in der Abfallentsorgung zu berufen, wenn umweltfreundlichere Alternativen verfügbar sind. Im EU-Recht vorgegebene Kriterien wie der *„Einsatz abfallarmer Technologie"* sowie die *„Förderung der Rückgewinnung und Wiederverwertung der bei den einzelnen Verfahren erzeugten und verwendeten Stoffe und gegebenenfalls der Abfälle"* müssen beachtet werden. Die *„Von internationalen Organisationen veröffentlichten Informationen"* (z.B. UNEP 2001; EU 2018) können ggf. als weitere Hilfestellung verwendet werden.

Versatztechnologie

Das Spülversatzverfahren wird im Kalibergbau seit vielen Jahrzehnten eingesetzt, auch von K+S. Beim Spülversatz-Verfahren (engl. *slurry backfill*) werden vornehmlich Fabrikrückstände (also aufgemahlenes Steinsalz und Salz-Grus) mit Hilfe von gesättigten Salzlösungen („Laugen") über Rohrleitungssysteme in leer geförderte Abbaue gepumpt, wobei die Trägerflüssigkeit im Kreislauf gefahren wird (Siehe Abbildung 8).

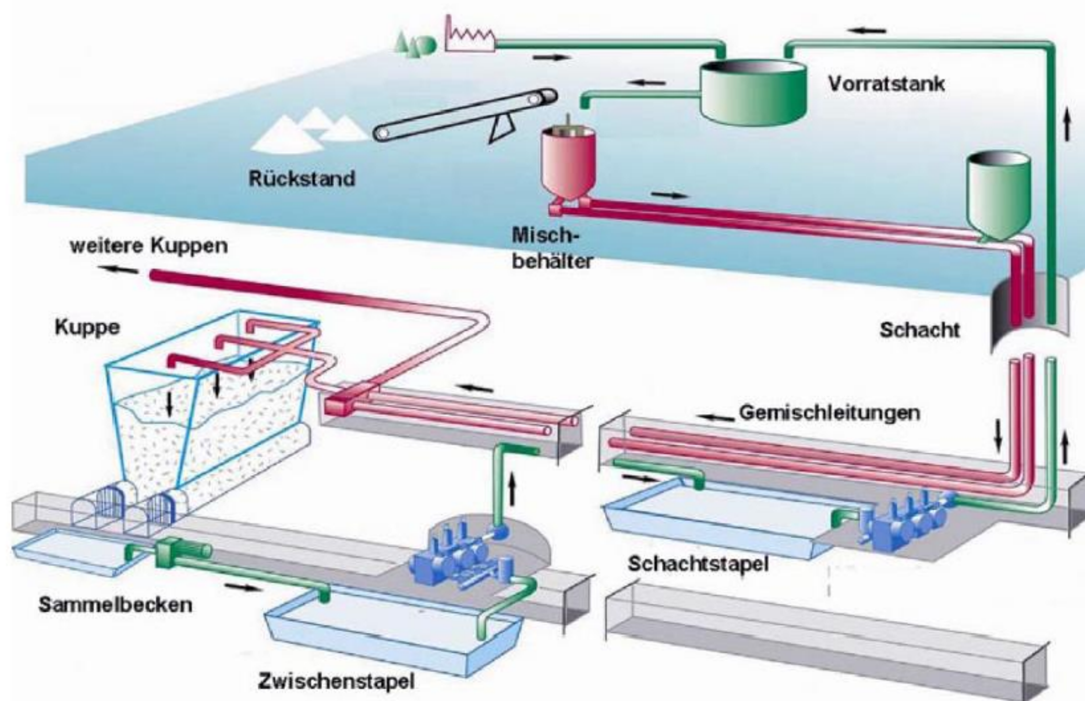


Abbildung 8 – Schema des Spülversatz-Verfahrens am K+S Standort Unterbreizbach.
(Nach Schlotzhauer und Jacob, 2005).

Unter den verschiedenen Versatzverfahren können mit dem Spülversatz die höchsten Versatzdichten (ca. 1.900 kg/m³) und die besten Verfüllungsgrade (ca. 90%) der Hohlräume erzielt werden (Bodenstein et al. 1999, 2001). Dadurch können 78 bis 84 % der ausgebrochenen Rohsalzmasse (Dichte 2.200 kg/m³) wieder in Form von versetzten Rückständen untergebracht werden. Dies reicht prinzipiell aus um alle Fabrikrückstände zu versetzen, denn die Volumenzunahme des Versatzmaterials gegenüber „gewachsenem Salz" durch aufbereitungsbedingte Auflockerung wird durch die als Produkte ausgeschleusten Wertmineral-Anteile mehr als kompensiert. Die Volumenbilanz erlaubt es daher auf eine neue Rückstandshalde zu verzichten.

Neue Kalihalden und Haldenerweiterungen können vermieden werden, durch systematischen Versatz aller Hohlräume mit den anfallenden Fabrikrückständen, einschließlich der Infrastruktur-Hohlräume, spätestens bei Stilllegung. Im Kalibergbau ist der Versatz von Rückständen mit dem Spülversatzverfahren seit Jahrzehnten Stand der Technik. Im Südharz-Revier wurde Spülversatz in Verbindung mit der Pfeilernachgewinnung extensiv eingesetzt.

Technische Hinderungsgründe für den Spülversatz der Fabrikrückstände liegen also nicht vor.

Kosten

Die Mehrkosten für Spülversatz gegenüber der Entsorgung auf Kalihalden sind vernachlässigbar, gemessen an dem Wert der hergestellten und vermarkteten Produkte.

Es liegen zwar leider keine aktuellen Zahlenwerte zu den Kosten des Rückstandsmanagements vor, doch in Anlehnung an eine Studie für die EU Kommission (Symonds und COWI, 2001, S. 45) betragen die spezifischen Kosten (jeweils Höchstwerte) im Kalibergbau:

Aufhaldung von Rückstand	1,20 €/t Produkt,
Versatz in der steilen Lagerung	3,90 €/t Produkt
Versatz in der flachen Lagerung	7,50 €/t Produkt.

Das Regierungspräsidium Kassel (RP Kassel, 2007, S. 30f.) gibt für die Abbaue in der flachen Lagerung an: *„Für das Verbringen von festem Rückstandssalz als Versatz in die niedrigen und kleinvolumigen untertägigen Hohlräume des Werra-Kali-Gebietes gilt zurzeit der Spülversatz als wirtschaftlichste Variante. Andere Verfahren, wie zum Beispiel der Blasversatz, der Schleuderversatz oder der Schiebeversatz, erwiesen sich im hessischen Kalibergbau als technisch nicht vorteilhaft und unwirtschaftlich."*
Und weiter (S.33)
„Zurzeit werden im Auftrag des Freistaates Thüringen in Teilen des Bergwerkfeldes Merkers in den dortigen Langkammerabbaufeldern zur Abwendung von dynamischen Ereignissen (z.B. Gebirgsschlägen) die untertägigen Hohlräume versetzt. Dabei entstehen aktuell Kosten von 8 Euro/t."

Dieser Wert von *8 Euro/t* bezieht sich jedoch auf die Tonne Versatzmaterial, auf die flache Lagerung und auf die aufwändige Einbringung als Feuchtversatz über Gurtbandförder und mit dem Fahrlader.

Die Kosten für die sehr aufwändige Verfüllung von Abbaukammern in der Schachtanlage Asse II mit Blasversatz (Rückstandssalze der Halde Ronnenberg, Trocknung und Klassierung) wurden mit 9 €/t angegeben (Martens 2010).

Bei Abwägung aller unterschiedlichen Faktoren scheint der oben genannte Wert von 7,50 €/t Produkt für die Werra-Lagerstätte (Spülversatz, flache Lagerung) realistisch zu sein.

Die Kosten für die Aufhaldung von 1,20 €/t Produkt beinhalten nicht die Kosten für das Management der Haldenabwässer und die Nachsorge- bzw. Instandhaltungskosten für Kalihalden. In Anbetracht der langen Standzeiten der Kalihalden, sind letztere „Ewigkeitskosten", die über Jahrhunderte und Jahrtausende aufzubringen sind. Ebenfalls nicht enthalten sind die volkswirtschaftlichen Kosten durch die Versalzung der Gewässer.

Selbst wenn man (unzulässiger Weise ohne Gegenrechnung eingesparter Kosten) nur die Mehrkosten gegenüber der Aufhaldung von (7,50 €/t – 1,20 €/t =) 6,30 €/t Produkt betrachtet, liegen diese bei etwa 2% des Verkaufswertes der hergestellten Produkte und damit im Bereich der Marktpreisschwankungen. Bei Hinzuziehung der Ewigkeitskosten und der volkswirtschaftlichen Kosten dürften die Mehrkosten für Spülversatz gegen null oder sogar ins Negative gehen.

Die (vermeintlichen) Mehrkosten für die Vermeidung neuer Kalihalden und Haldenerweiterungen durch den Versatz künftig anfallender Fabrikrückstände können also kein valides Argument sein.

Nachhaltige Lagerstättennutzung oder Raubbau?

Kali-Ressourcen

Der Verband der Kali- und Salzindustrie e. V. schätzt die weltweit existierenden geologischen Kali-Vorräte auf etwa 210 Mrd. Tonnen K_2O, von denen bis zu 16 Mrd. Tonnen K_2O mit dem heute technischen und technologischen Stand als wirtschaftlich gewinnbar angesehen werden. Auf Basis der heute bekannten Verbrauchseinschätzung sollen die vorhandenen Weltkalireserven (Siehe Abbildung 9) für einige Jahrhunderte ausreichen (VKS, 2015).

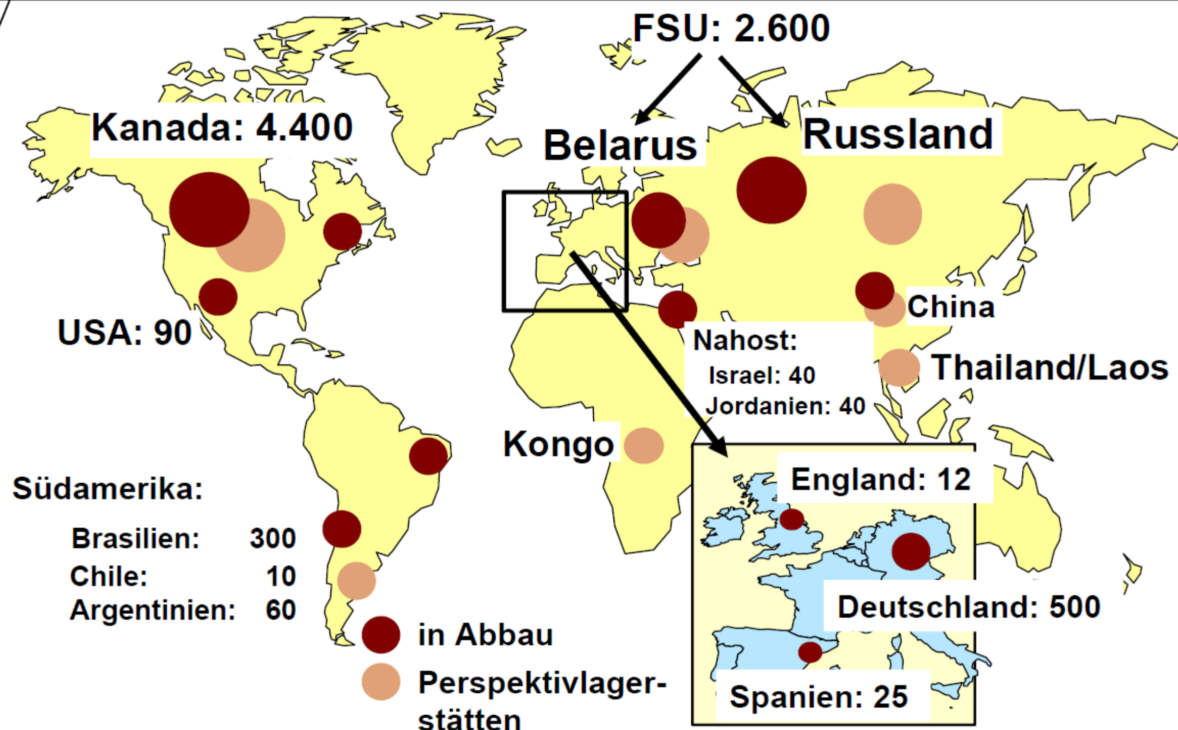


Abbildung 9 – Weltkaliressourcen. Deutschland verfügt über bedeutende Kali-Lagerstätten, die durch hohe Kieserit-Anteile, welche die Rohstoff-Basis für hochwertige Sulfat-Dünger bilden, weltweit einzigartig sind.

Ressourcenvernichtung im deutschen Kalibergbau

Die weltweit verfügbaren Kali-Lagerstätten und Reserven sind im Wesentlichen bekannt und begrenzt. Es ist daher weder moralisch noch volkswirtschaftlich zu akzeptieren, dass in Deutschland etwa dreiviertel der gewinnbaren Lagerstättenteile nicht gewonnen, sondern faktisch vernichtet werden. Die Ressourcen-Vernichtung hat im Wesentlichen folgende Ursachen:

E r s t e n s , die Aufhebung der Versatzpflicht für Kaliabbaue. Die leer geförderten Abbaue bleiben seit Einführung der Allgemeinen Bergverordnung (ABV) im Jahr 1969 (Hessischer Landtag, 2011 a) in der Regel offen stehen, weil die ABV eine Genehmigung des versatzlosen Abbaus ermöglicht. Dies war zugleich die Geburtsstunde für die Großhalden in Hessen.

Z w e i t e n s , die Umstellung in den 1960-er Jahren auf das room-and-pillar-Abbauverfahren (Kammer-Pfeiler-Bau) in der flachen Lagerung. Die Abbildung 10 zeigt schematisch die Vorgehensweise beim Kammer-Pfeiler-Abbauverfahren im Hessisch-Thüringischen Kalirevier, mit den beiden Flözen Thüringen (2. Sohle) und Hessen (1. Sohle). Die dargestellten Pfeiler tragen das jeweils hangende (darüber befindliche) Gebirge, während die seitlich zwischen den

Pfeilern liegenden Teile der Kaliflöze abgebaut werden. Da kein Versatz der Abbaue erfolgt, können die aus Kalisalz bestehenden Pfeiler nicht abgebaut werden. Dadurch entstehen Abbauverluste von 30 bis 60% der Lagerstätte. Durch die Nutzung der Abbauhohlräume zur Entsorgung bergbaufremder giftiger Abfälle (Sondermüll-Deponien; Untertageverwertung) wird auch eine spätere Nachgewinnung der Pfeiler durch Lösungsbergbau nicht möglich sein.

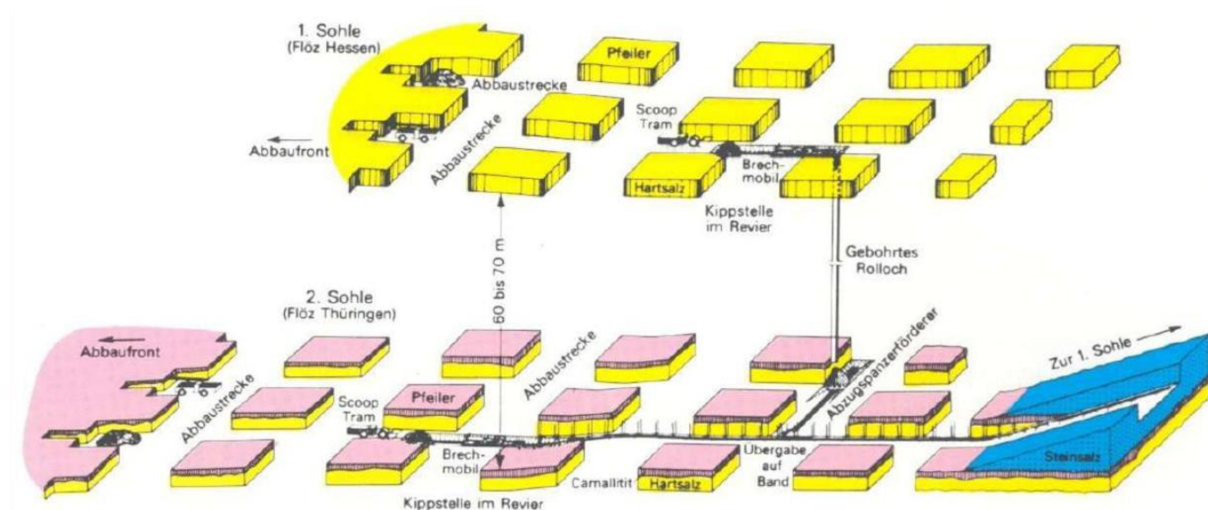


Abbildung 10 – Kammer-Pfeiler-Abbauverfahren im Hessisch-Thüringischen Kalirevier auf zwei Sohlen. (Bartke, 2009)

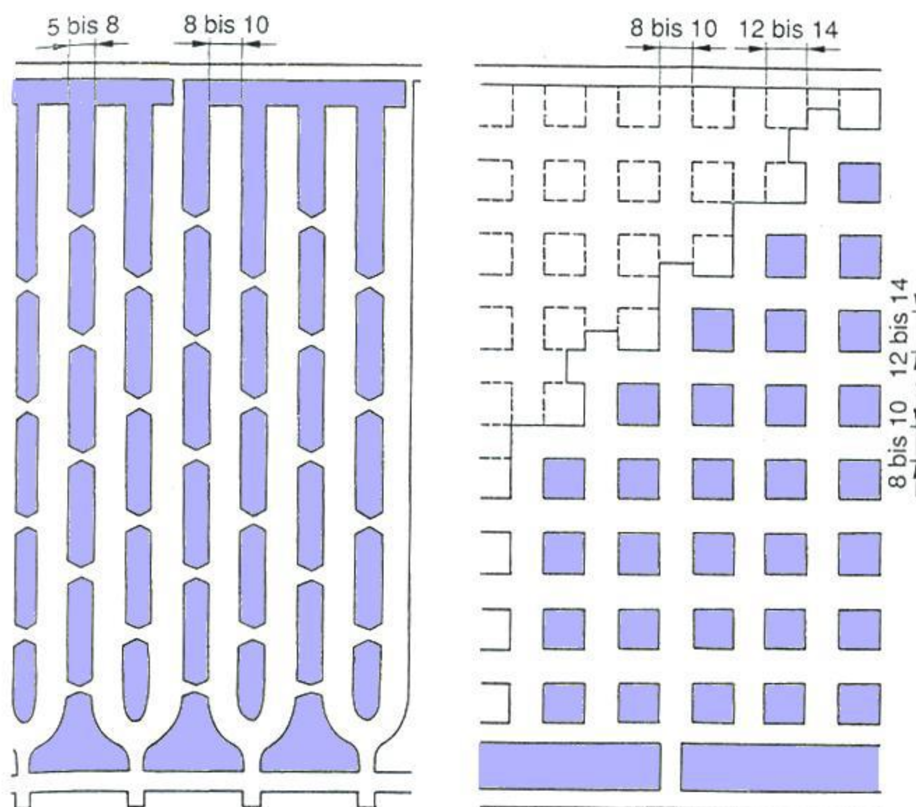


Abbildung 11 – Altes Abbauverfahren mit Langpfeilern (links) und neueres Verfahren mit Kurzpfeilern (Kammer-Pfeiler-Abbau). (Nach Duchrow, 1990).

Allerdings eignet sich die Geometrie des alten Örterbaus mit Langpfeilern besser für eine Nachgewinnung von Pfeilern, weil diese in fast durchgängigen Reihen angeordnet sind, während beim Kammer-Pfeiler-Abbau jeweils isolierte Kalisalzreste allseitig von Versatz umgeben wären. Dies wird in Abbildung 11 verdeutlicht.

Vor der Umstellung des Abbauverfahrens war die Kaligewinnung im Örterbau mit Langpfeilern üblich. Solange keine Pfeiler-Nachgewinnung und kein Versatz vorgesehen sind, ist die quadratische Pfeilergeometrie der room-and-pillar-Methode den zuvor üblichen Langpfeilern überlegen, weil sie (aufgrund der immer auftretenden Konturabschalungen) bei ursprünglich gleichem Querschnitt höhere Lasten tragen kann.

Die Nachgewinnung von Pfeilern war im Südharz-Revier üblich. Nach dem möglichst firstbündigen Einbringen von Spülversatz in die Langkammern der ersten Abbau-Phase und dem nachfolgenden Kraftschluss mit der Hangendschwebe können die Langpfeiler in einer Nachgewinnungsphase entfernt werden. Dabei übernehmen die zuvor eingebrachten Versatzmassen die Stützfunktion für das Deckgebirge. Duchrow und Schilder (1985) berichten: *„Dieses Verfahren wird in Hartsalz-Altbaufeldern des Kalireviers Südharz praktiziert, sofern hier nach Vollzug der ersten Abbauphase in die Kammern Fabrikationsrückstand als Spülversatz eingebracht wurde. Untersuchungen ergaben, dass der Spülversatz eine durch Rekristallisation beeinflusste Druckfestigkeit besitzt, die nach längstens fünf Jahren nahezu der Hartsalz-Druckfestigkeit entspricht. Somit kann der Versatz in einer zweiten Abbauphase, in der die verbliebenen Hartsalzpfeiler hereingewonnen werden, die Funktion von Abbaupfeilern übernehmen. Die verbleibenden Lagerstättenverluste sind unbedeutend.“*

D r i t t e n s , die zunehmende Meidung carnallititischer Kalisalze, wegen der erforderlichen nassen Aufbereitungsverfahren und dem Anfall großer Mengen zu entsorgender Magnesiumchlorid-Endlaugen. Die aus Gründen des Gewässerschutzes dringendst notwendig gewordenen Beschränkungen bei der Versenkung und Direkteinleitung von Kaliabwässern haben die Kaliindustrie veranlasst, selektiv nur noch einfach aufzubereitende Rohsalze abzubauen. Die grundsätzlich gewinnbaren carnallititischen Rohsalze, insbesondere im Flöz Thüringen, sowie die verbliebenen Carnallitit-Kuppen, werden nicht mehr gewonnen. Die darin enthaltenen, erheblichen Vorräte werden ebenfalls faktisch vernichtet, weil sie später nach einer Bergwerksflutung nicht mehr zugänglich sind und ein Lösungsbergbau wegen der eingelagerten toxischen Abfälle ausscheidet.

V i e r t e n s , werden zunehmend trockene Aufbereitungsverfahren eingesetzt, speziell das elektrostatische ESTA-Verfahren sowie Weiterentwicklungen dieser Methode. Im Vergleich zu den nassen Verfahren ist das Ausbringen (extrahierter Prozentanteil der Wertminerale) aber deutlich schlechter. Beispielsweise können im wieder in Betrieb zu nehmenden Bergwerk Siegfried-Giesen durch die trockene Aufbereitung fast ein Drittel der Wertminerale nicht abgetrennt werden und sollen dort als Bestandteil der Fabrikrückstände auf einer neuen Rückstandshalde entsorgt und abgedeckt (und damit faktisch vernichtet) werden.

Um einen Eindruck zu vermitteln um welche Größenordnungen es bei den Lagerstättenverlusten geht, sind in Tabelle 2 einige überschlägige Kenndaten zusammen gestellt. (Es wurden pauschal ein Wert von 300 €/t Produkt, ein Wertstoffgehalt von 25% und eine Rohsalzdichte von 2200 kg/t angenommen. Verbreitungsgebiete und mittlere Flözmächtigkeiten wurden geschätzt.) Demnach liegen die geschätzten Verluste durch

vernichtete Rohstoffe bei den 3 betrachteten Lagerstätten in der Größenordnung von 1 bis 2 Billionen Euro.

Tabelle 2 – Kenndaten der flachlagernden Kalilagerstätten			
	Werra	**Fulda**	**Zielitz**
Fläche (km²)	750	100	650
Flöz Hessen (m)	2,5	2,5	-
Flöz Thüringen (m)	4	4	-
Flöz Ronnenberg (m)	-	-	5
Flöz Staßfurt (m)	-	-	15
Volumen (Mio. m³)	4 875	650	13 000
Wertstoffe (Mio. t)	2 681	358	7 150
Wert Produkte (Mrd. Euro)	804	114	2 145

Was zu tun ist

Der Ist-Zustand

Der Entsorgungsnotstand in der deutschen Kaliindustrie ist hausgemacht, weil es seit Jahrzehnten an einem großen Gesamtkonzept zur nachhaltigen und umweltschonenden Nutzung der Kalilagerstätten fehlt. Die gestellte Aufgabe einer optimalen und behutsamen Nutzung der deutschen Weltklasse-Kalilagerstätten wurde nie vom Ende her gedacht. Es wurden immer nur kurzfristige Schein- und Teillösungen für brennende Teilprobleme gesucht, die fast immer auf Kosten der Umwelt durchgesetzt wurden, mittels der ständigen Drohung von Arbeitsplatzverlusten und Steuerausfällen. Gefährliche Verzweiflungstaten wie die jetzt beabsichtigte Einstapelung der Abwässer in abgeworfene Bergwerke sind symptomatisch und dienen nur der Zeitschindung bis zur nächsten Krise. Es fehlt auch bei der Kaliindustrie an Zukunftsvisionen.

Solange Industriemanager vor allem in Berichtsquartalen und Aktienkursen und Politiker in Wahlperioden und ihre Wiederwahl denken, werden sie die im Raum stehende Jahrhundertaufgabe nicht lösen können, vielleicht noch nicht einmal als solche begreifen. Für kurzfristige wirtschaftliche und/oder politische (vermeintliche) Erfolge wurden kleine Zugeständnisse gemacht, auf Kosten der effektiven Ressourcennutzung. Zielführende langfristige Optionen wurden und werden verworfen oder konterkariert, wodurch man sich den eigenen Handlungs- und Entscheidungsspielraum immer weiter selbst verbaut. Die in den letzten Jahren vorgelegten Pläne waren nur „alter Wein in neuen Schläuchen" und sollten die bisherigen Gewohnheiten im Wesentlichen fortschreiben. Man tritt auf der Stelle und dreht sich im Kreis anstatt einen Weg aus der Sackgasse zu suchen. Dies schlägt sich inhaltlich auch in der eingangs genannten Pressemitteilung der FGG Weser vom 14.06.2019 nieder, deren eingeschränktes Portfolio an Optionen nur die Wahl zwischen „Pest und Cholera" zulassen will.

Ein strategischer Kurswechsel ist längst überfällig. In Zeiten des jetzt bereits deutlich spürbaren Klimawandels ist es absolut inakzeptabel die schleichende Versalzung unserer bereits knappen Süßwasserressourcen als Kollateralschäden des Kalibergbaus stillschweigend

zu dulden, durch immer neue Genehmigungen fortzuschreiben und die Grundwasserschäden zu vergrößern und die Sanierung der Schäden unseren Nachfahren zu überlassen. (Auch der Straftatbestand des §330(1) Strafgesetzbuch „Besonders schwerer Fall einer Umweltstraftat“ scheint mir hier erfüllt zu sein.) Ebenso inakzeptabel sind die Verschwendung der endlichen Kaliressourcen und die Vernichtung künftiger Arbeitsplätze durch versatzlosen und selektiven Raubbau an den Lagerstätten.

Allerdings muss auch von den Stakeholdern, also den betroffenen Bürger*innen, den Umwelt- und Naturschutzverbänden und Bürgerinitiativen und den Wirtschaftsverbänden eine offenere Kooperationsbereitschaft eingefordert werden. Spontane und unüberlegte Abwehrreflexe sollten unterdrückt werden, damit nicht bei jedem Vorschlag gleich eine automatische Vorfestlegung auf eine Gegen-Position stattfindet, von der man nicht so leicht wieder weg kommt. Auch der Geist von Sankt Florian sollte lieber erst mal in seiner Flasche bleiben, wenn die Lösung großer, überregionaler Aufgaben gefordert ist.

Skizze für ein integriertes Gesamtkonzept

Ein Gesamtkonzept zur optimalen Lagerstättennutzung muss die möglichst vollständige Nutzung der Wertminerale anstreben, ohne die Umwelt weiter zu schädigen und die natürlichen Lebensgrundlagen weiter zu zerstören. Hieraus ergeben sich die folgenden Anforderungen:

E r s t e n s muss der Gewinnungsbergbau so umgestellt werden, dass die Lagerstätte vollständig abgebaut und damit nachhaltig genutzt werden kann. Die technologische Vorgehensweise ist aus dem Südharz-Kalirevier bekannt und praxiserprobt und impliziert die Umstellung des Abbauverfahrens auf Langkammern, die Einbringung von Spülversatz, sowie die Nachgewinnung der Kalisalz-Pfeiler in einer zweiten Gewinnungsphase. Die Abbauhohlräume der zweiten Phase müssen ebenfalls zur Unterbringung von Fabrikrückständen genutzt werden, so dass auch auf neue Kalihalden und Haldenerweiterungen verzichtet werden kann. Auf diese Weise lassen sich die Reichweite der Rest-Lagerstätte und die Wertschöpfung verdoppeln und die Haldenproblematik wird zunächst einmal nicht weiter vergrößert.

Z w e i t e n s müssen die Voraussetzungen für eine möglichst vollständige Extraktion der Wertstoffe aus den Kali-Rohsalzen wieder hergestellt werden, wozu grundsätzlich alle Kalisalz-Typen gewonnen und aufbereitet werden müssen. Dies wird die Anwendung nasser Aufbereitungs-Verfahren und die Schaffung geeigneter Entsorgungswege für die Produktions-Abwässer (und Haldenwässer) erfordern. Die effektivste, am wenigsten umweltbelastende und letztlich kostengünstigste Option ist der Bau einer Abwasser-Pipeline zur Nordsee, allerdings bis ins Tiefwasser im Außenbereich einer Flussmündung. Die in der Vergangenheit von der Kaliindustrie vorgeschlagenen Trassenführungen wurden aufgrund der vorgesehenen Einleitstellen (Jadebusen, bzw. Oberweser) zu Recht nicht akzeptiert (und möglicherweise war genau dies die Absicht bei Antragstellung).

Die Salzkonzentrationen in den Kaliabwässern (Produktionsabwässer und Haldenwässer) liegen um etwa eine Größenordnung über den Salzkonzentrationen von Meerwasser. Im Außenbereich der Mündungen größerer Flüsse (Ems, Weser, Elbe) ist das Meerwasser deutlich

weniger salzhaltig, und die Durchmischung des Abwasserstroms mit dem viel größeren Flusswasserstrom sowie die Gezeiten werden zu einer raschen Verteilung der eingeleiteten Salze im Meerwasser führen. Solche Einleitungen von Kaliabwässern in die Deutsche Bucht fanden und finden nach wie vor über das Werra-Weser-System statt, ohne dort im Küstenmeer erkennbare Probleme zu verursachen. Die Inbetriebnahme einer solchen Pipeline könnte sowohl die Versalzungsproblematik in Werra und Weser (650 Flusskilometer) kurzfristig beenden als auch dem Kalibergbau verloren gegangene Aufbereitungs-Optionen für eine nachhaltige Lagerstätten-Nutzung zurückgeben.

D r i t t e n s ist ein Rückbau der bestehenden Kalihalden die beste und einzig realistische Option die weitere Versalzung des Grundwassers effektiv zu stoppen. Die Rückstandssalze könnten zwar grundsätzlich auch stofflich verwertet werden, doch würde dies beim vorhandenen Absatzmarkt für Salz einen sehr langen Zeitraum in Anspruch nehmen. Eine Aufarbeitung der bereits verfestigten Rückstandssalze zu Versatzmaterial ist grundsätzlich möglich, aber verursacht zusätzliche Kosten. Der benötigte Versatzraum ist durch Fremdversatz und durch die Untertagedeponie teilweise bereits belegt. Daher wären eine technische Auflösung des Haldenmaterials und eine Entsorgung der Salzlösungen über die dann zur Verfügung stehende Pipeline zur Nordsee die günstigste und schnellste Option.

Bei ausreichend großer Dimensionierung der Nordsee-Pipeline könnte bereits unmittelbar nach Inbetriebnahme der Rückbau der Halden beginnen. Beispielsweise könnten 500 Millionen Tonnen Rückstand (etwa der hessische Haldenbestand) in ca. 1.500 Millionen m³ Süßwasser gelöst und über einen Zeitraum von 50 Jahren entsorgt werden, bei einer Pipeline-Kapazität von 30 Millionen m³/Jahr (Wasserführung Werra: MQ ca. 800 Millionen m³/a). Diese Kapazitätserweiterung zwecks Haldenbeseitigung würde etwa eine Verdoppelung des Rohrdurchmessers erfordern. Die Kosten für Bau und Unterhaltung würden hingegen weniger als doppelt so hoch ausfallen. Nach Rückbau der Halden und dem Ende des Kalibergbaus würden keine Ewigkeitskosten für die Pipeline oder die Kalihalden anfallen.

Der Bau einer solchen Pipeline würde Investitionen in Höhe von ca. 1 Milliarde Euro erfordern. Es wäre eine Investition in die Zukunft, die vorgestreckt werden müsste. Allerdings müssen diese Kosten im Verhältnis zu den eingesparten Ewigkeitskosten abgedeckter Halden und den eröffneten Möglichkeiten einer vollständigen Lagerstättennutzung gesehen werden. Allein die Wertschöpfung durch zusätzlich gewinnbare Lagerstättenteile wäre mehr als das Hundertfache der Pipelinekosten. Die grundsätzlich von der Kaliindustrie selbst zu leistende Investition in das Pipelineprojekt wäre daher auch im Öffentlichen Interesse und könnte ggf. durch Bürgschaften oder andere Maßnahmen gefördert werden.

Das skizzierte Konzept löst die Abwasserproblematik effektiv und dauerhaft, beendet die schleichende Versalzung des Grundwassers, vermeidet die Entstehung weiterer Rückstandshalden oder Haldenerweiterungen, beseitigt die bestehenden Althalden, vermindert die Bergschäden durch Senkungen der Oberfläche oder Gebirgsschläge, vermeidet Gefährdungen der Untertagedeponien und Versatzbergwerke und finanziert sich selbst durch eingesparte Kosten und die verlängerte Reichweite der Lagerstätte und die damit verbundene, weitaus größere Wertschöpfung.

Appell

Die FGG Weser wird aufgefordert, die aus ihrer Pressemitteilung vom 14.06.2019 ersichtlichen eingeschränkten Entscheidungsoptionen nicht zu beschließen, sondern ein längst überfälliges Gesamtkonzept, etwa entlang der hier skizzierten Linien gemeinsam mit der Kaliindustrie und den Stakeholdern zu formulieren und umzusetzen.

Quellen

ABVO (1966) Allgemeine Bergverordnung über Untertagebetriebe, Tagebaue und Salinen ABVO vom 2. Februar 1966 (Nds. MBl. Nr. 15/1966 S. 337)

Bodenstein J, Schreiner W (1999) Reduzierung der Bergsenkungen durch Einbringen von Spülversatz – Gebirgsmechanisch-bergschadenkundliche Aspekte der Anwendung des Spülversatzverfahrens im Kalibergbau. Erschienen in: Spülversatz im Salzbergbau.- Freiberger Forschungshefte, A 855, S. 113-124, TU Bergakademie Freiberg, 2001

Bodenstein J, Rauche H, Schreiner W, Eulenberger K (2001) Reduction of surface subsidence and brine inflow prevention in potash mines by subsequent backfill. Tailings and Mine Waste 01, 2001, Verlag Balkema, Rotterdam, ISBN 9058091821.

Niedersächsischer Landtag (2019) Kleine Anfrage zur schriftlichen Beantwortung gemäß § 46 Abs. 1 GO LT mit Antwort der Landesregierung. Niedersächsischer Landtag – 18. Wahlperiode Drucksache 18/2823

EU (2009) Reference Document on Best Available Techniques for Management of Tailings and Waste-Rock in Mining Activities. January 2009
http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/mmr_adopted_0109.pdf

K+S (2006) 1856–2006 Wachstum Erleben – Die Geschichte der K+S Gruppe. Herausgeber: K+S Aktiengesellschaft, Kassel © K+S Gruppe, Kassel 2006, ISBN 3-9809738-1-6

K+S (2014) Antrag auf Planfeststellung, Hartsalzwerk Siegfried-Giesen. Planfeststellungsunterlage zum Rahmenbetriebsplan

K+S (2018) Bergrechtliches Planfeststellungsverfahren „Haldenkapazitätserweiterung II Werk Zielitz (HKE II)“. K+S KALI GmbH, Werk Zielitz

K+S (2019) Vorläufige Gefährdungsabschätzung Werk Siegfried-Giesen – Althalde. 11. März 2019

Krupp R (2005) Formation and Chemical Evolution of Magnesium Chloride Brines by Evaporite Dissolution Processes – Implications for Evaporite Geochemistry. Geochimica et Cosmochimica Acta, 69(17), 4283-4299

Krupp R (2011) Alternative Produktions-, Aufbereitungs- und Entsorgungsverfahren im Thüringisch-Hessischen Kalirevier. Betrachtungen zur Nachhaltigkeit des Kalibergbaus Auftraggeber: DIE LINKE. Fraktion im Hessischen Landtag
http://www.die-linke-thl.de/fileadmin/lv/dokumente/presse/sonstiges/Krupp_Gutachten_nachhaltiger_Kalibergbau.pdf

Krupp R (2014) Memorandum: Wege zu einer umweltverträglicheren Kaliindustrie **http://region-hannover.bund.net/fileadmin/bundgruppen/bcmshannover/bergbaufolgen/Memorandum/Krupp_Memorandum_Kalibergbau.pdf**

Krupp R (2017) Anhörungsverfahren des Thüringer Landtags zu dem Thema: Sanierung ökologischer Altlasten der DDR Kaliindustrie im Werk Werra der K+S Kali GmbH sowie Einlagerung von Kaliabwässern in der Grube Springen.

Krupp (2011) Zusammenfassende Darstellung der bisherigen Erkenntnisse über die Versalzung der Brunnen in Gerstungen / Werra. Im Auftrag der Gemeinde Gerstungen / Werra (Thüringen).
Burgdorf, 22.08.2011

Krupp (2018) Fachliche Prüfung von Antragsunterlagen im Bergrechtlichen Planfeststellungsverfahren „Haldenkapazitätserweiterung II Werk Zielitz (HKE II)“ Auftraggeber: Dirk Standaert, Schloss Heinrichshorst. Verfasser: Dr. habil. Ralf E. Krupp, Burgdorf, 15.07.2018

Kühn R (1955) Mineralogische Fragen der in Kalisalzlagerstätten vorkommenden Salze. Kali-Symposium, 1955: 51-105, Bern.

LAWA (2015) Rahmenkonzeption Monitoring Teil B: Bewertungsgrundlagen und Methodenbeschreibungen. RaKon Teil B Arbeitspapier II: Hintergrund- und Orientierungswerte für physikalisch-chemische Qualitätskomponenten zur unterstützenden Bewertung von Wasserkörpern entsprechend EG-WRRL
https://www.gewaesser-bewertung.de/files/rakon_b_-_arbeitspapier-ii_stand_09012015.pdf

LAWA (2015b) Hydrogeochemische Hintergrundwerte im Grundwasser und ihre Bedeutung für die Wasserwirtschaft. September 2015
https://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Wasser/Projekte/abgeschlossen/Beratung/Hintergrundwerte/sgd&lawa2015.pdf?__blob=publicationFile&v=4

NLWKN (2019) Landesdatenbank. Wasserdaten im Internet
http://www.wasserdaten.niedersachsen.de/cadenza/pages/map/default/index.xhtml

OGewV (2016) Verordnung zum Schutz der Oberflächengewässer (Oberflächengewässerverordnung - OGewV) "Oberflächengewässerverordnung vom 20. Juni 2016 (BGBl. I S. 1373)"

Powell, Brown, Byrne, Gajda, Hefter, Leuz, Sjöberg, and Wanner (2011) Chemical speciation of environmentally significant metals with inorganic ligands. Part 4: The Cd^{2+} + OH^{-}, Cl^{-}, $CO3^{2-}$, $SO4^{2-}$, and $PO4^{3-}$ systems (IUPAC Technical Report). Pure Appl. Chem., Vol. 83, No. 5, pp. 1163–1214, 2011.

Rauche H, Mierdel K, Fulda D (1998) Lithifikation von Spülversatz in Kalisalzbergwerken – Mineralogische und gefügekundliche Untersuchungen an künstlichen Salzgesteinen.

http://www.ercosplan.com/pdf_abstract/spuelversatz_98.pdf

Rauche H, Fulda D, Schwalm V (2001) Tailings and Disposal Brine Reduction – Design Criteria for Potash Production in the 21st Century. Proceedings of the Eighth International Conference on Tailings and Mine Waste `01, Fort Collins / Colorado / USA / 16 – 19 January 2001
http://ercosplan.info/startseite_russ/pdf_abstract/Paper%20Rauche,%20Fulda,%20Schwalm.pdf

RP Kassel (2006) Pilotprojekt Werra-Salzabwasser. 2. Zwischenbericht. Regierungspräsidium Kassel, Abteilung Umwelt- und Arbeitsschutz. Projektdurchführung Dezernat 31.1, Bad Hersfeld.
http://www2.hmuelv.hessen.de/imperia/md/content/internet/wrrl/2_umsetzung/pp_werra/zwischenbericht_2_pilotprojekt_werra.pdf

RP Kassel (2007) Pilotprojekt Werra-Salzabwasser. Endbericht. Regierungspräsidium Kassel, Abteilung Umwelt- und Arbeitsschutz. Projektdurchführung Dezernat 31.1, Bad Hersfeld. Januar 2007
http://www2.hmuelv.hessen.de/imperia/md/content/internet/wrrl/6_extranet/gremien/2007/veranstaltungen/pilotprojekt_werra_endbericht_070223.pdf

Schlotzhauer M und Jacob T (2005) Spülversatz im Grubenbetrieb Unterbreizbach des Werkes Werra der K+S KALI GmbH. Kali und Steinsalz 2(2005), 34-39
www.vks-kalisalz.de/images/pdfs/2_05_K&Stein.pdf

Schroth H (1977) Die Errichtung einer Großhalde unter umweltschützenden Bedingungen. Kali und Steinsalz 7(4), 147-155

UNEP (2001) Environmental Aspects of Phosphate and Potash Mining. First edition. Printed by United Nations Environmental Programme (UNEP) and IFA, Paris, December 2001:
https://www.elaw.org/system/files/PotashMining.pdf

VKS (2015) Kali und Salz: Wertvolle Rohstoffe aus Deutschland.
Verband der Kali- und Salzindustrie e. V.
https://www.vks-kalisalz.de/fileadmin/user_upload/vks_kalisalz/downloads/Infomaterial/Wertvolle_Rohstoffe_aus_Deutschland_02-03-2015.pdf

Webb, T. C. (2009) New Brunswick Potash: A review of Developments and Potential Exploration Alternatives.- New Brunswick Department of Natural Resources.
https://www.gnb.ca/0078/minerals/PDF/IC_2008-4_Report.pdf

Willmann M, Kinzelbach W, Stauffer F (2019) Grundwasser I. Vorlesungsmanuskript ETH Zürich.
https://docplayer.org/21434531-Grundwasser-i-matthias-willmann-wolfgang-kinzelbach-fritz-stauffer-http-www-ifu-ethz-ch-gwh-education-undergraduate-grundwasser1.html